



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 09 931 A 1**

⑮ Int. Cl.⁷:

H 01 M 8/04

DE 100 09 931 A 1

⑯ Aktenzeichen: 100 09 931.9
⑯ Anmeldetag: 1. 3. 2000
⑯ Offenlegungstag: 7. 9. 2000

⑳ Unionspriorität:

11-55855 03. 03. 1999 JP

㉑ Anmelder:

Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

㉒ Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwahnhäusser,
80538 München

㉓ Erfinder:

Okamoto, Masaru, Yokosuka, Kanagawa, JP; Saito,
Kazuo, Yokosuka, Kanagawa, JP; Iio, Masatoshi,
Yokohama, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem

㉕ Ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem enthält eine Reformierungsvorrichtung, eine Brennstoffzelle, einen Abschnitt zum Steuern der Durchflußmenge eines von der Reformierungsvorrichtung ausströmenden reformierten Gases in der Weise, daß der Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung gleich ihrem Solldruck ist, einen Abschnitt zur Erfassung der Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle strömenden reformierten Gases, einen Abschnitt zum Berechnen eines der Brennstoffzelle entnommenen Soll-Laststroms anhand der Durchflußmenge des reformierten Gases, so daß der Betriebsdruck der Brennstoffzelle gleich ihrem Solldruck ist, einen Abschnitt zum Erfassen des Einlaßdrucks der Brennstoffzelle, einen Abschnitt zum Berechnen eines Laststrom-Korrekturbetrags anhand einer Abweichung zwischen dem Einlaßdruck der Brennstoffzelle und dem Solldruck der Brennstoffzelle und einen Abschnitt, der den Laststrom-Korrekturbetrag zu dem Soll-Laststrom addiert.

DE 100 09 931 A 1

DE 100 09 931 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem und insbesondere ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem zum Reformieren eines Brennstoffs, um ein reformiertes Gas mit hohem Wasserstoffgehalt, d. h. ein wasserstoffreiches Gas, zu erhalten, und zum Liefern des reformierten Gases und eines sauerstoffhaltigen Gases an eine Brennstoffzelle, in der das reformierte Gas und das sauerstoffhaltige Gas miteinander zur Reaktion gebracht werden, um dadurch Energie zu erzeugen.

Aus JP 5-036429-A ist ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem bekannt, das eine Reformierungsvorrichtung zum Reformieren von Brennstoffgas und zum Herstellen eines reformierten Gases mit hohem Wasserstoffgehalt umfaßt und das erhaltene reformierte Gas dazu veranlaßt, mit sauerstoffhaltigem Gas zu reagieren, das getrennt zugeführt wird, um Energie zu erzeugen.

Dieses Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem steuert und reguliert die Durchflußmenge des in die Reformierungsvorrichtung eingeleiteten Brennstoffs entsprechend der Änderung der von einer externen Last angeforderten Energie.

Falls die Energianforderung von der externen Last schnell ansteigt und die Erzeugung des von der Reformierungsvorrichtung gelieferten reformierten Gases der Anforderung aufgrund ihres starken Anstiegs nicht folgen kann, wird die Lieferung überschüssigen Stroms an eine im voraus zusätzlich zur externen Last installierte Scheinlast reduziert, um die Anforderung einer erhöhten Energiezufluhr zu erfüllen.

Die Erfinder haben jedoch festgestellt, daß das herkömmliche Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem den Nachteil hat, daß in ihm nicht in ausreichendem Maß die Aufrechterhaltung der Betriebsdrücke in der Reformierungsvorrichtung zum Reformieren eines Brennstoffs und in einer Brennstoffzelle, die zur Erzeugung von Energie eine Reaktion zwischen einem reformierten Gas und einem sauerstoffhaltigen Gas bewirkt, berücksichtigt wird. Dies erschwert die geeignete Aufrechterhaltung der Betriebsdrücke.

Falls nämlich nicht die Durchflußmenge des Brennstoffs entsprechend einer Änderung der externen Last geändert wird, ändert sich auch die Menge des durch die Reformierungsvorrichtung erzeugten reformierten Gases. Die Änderung der Menge des so erzeugten reformierten Gases bewirkt eine Änderung des Innendrucks der Reformierungsvorrichtung.

Da eine geeignete Aufrechterhaltung des Betriebsdrucks in der Reformierungsvorrichtung des herkömmlichen Systems nicht ausreichend berücksichtigt wird, besteht die Möglichkeit, daß der Innendruck der Reformierungsvorrichtung die obere oder die untere Betriebsdruckgrenze erreicht.

Falls sich die Menge des reformierten Gases, das in der Reformierungsvorrichtung erzeugt wird, entsprechend der Änderung der Durchflußmenge des Brennstoffs ändert, ändert sich auch die Menge des an die Brennstoffzelle gelieferten reformierten Gases, wobei diese Änderung ihrerseits eine Änderung des Innendrucks der Brennstoffzelle hervorruft.

Auch hier besteht aufgrund der Tatsache, daß eine geeignete Aufrechterhaltung des Betriebsdrucks in der Brennstoffzelle nicht ausreichend berücksichtigt wird, die Möglichkeit, daß der Innendruck der Brennstoffzelle die obere oder die untere Betriebsdruckgrenze erreicht.

Sowohl die Reformierungsvorrichtung als auch die Brennstoffzelle müssen arbeiten können, während die geeigneten Solldrücke entsprechend der Änderung einer externen Last geändert werden. Außerdem müssen die oberen und unteren Betriebsdruckgrenzen für die Betriebsdrücke entsprechend der Änderung der externen Last geändert werden können.

Aus der obigen Erläuterung wird deutlich, daß es dann, wenn die oberen und unteren Grenzen der Betriebsdrücke der Reformierungsvorrichtung bzw. der Brennstoffzelle sich aufgrund einer Änderung der externen Last ändern und die Soll-Betriebsdrücke der Reformierungsvorrichtung und der Brennstoffzelle sich aufgrund einer Änderung der externen Last ändern, sehr schwierig sein kann, geeignete Soll-Betriebsdrücke der Reformierungsvorrichtung bzw. der Brennstoffzelle aufrechtzuerhalten.

Aus der obigen Erläuterung ergibt sich auch, daß es in dem herkömmlichen Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem vorkommen kann, daß das Gleichgewicht zwischen dem Druck der Reformierungsvorrichtung und dem Druck der Brennstoffzelle nur schwer geeignet gehalten werden kann, weshalb der Betrieb des gesamten Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems nicht problemlos fortgesetzt werden kann.

Abgesehen von den obigen Untersuchungen besteht das Problem, daß die Brennstoffzelle so konstruiert ist, daß sie Energie als Ergebnis der Reaktion zwischen dem zugeführten reformierten Gas und dem zugeführten sauerstoffhaltigen Gas erzeugt, weshalb die Energie, die der Brennstoffzelle entnommen und der externen Last zugeführt werden kann, von der Menge des zugeführten reformierten Gases und von der Menge des zugeführten sauerstoffhaltigen Gases abhängt.

Von diesen Gasen wird das sauerstoffhaltige Gas nicht durch Erzeugung von Sauerstoff mittels einer chemischen Reaktion, sondern in Form von Luft von einer externen Luftzufuhrseinheit zugeführt. Daher kann die Beschickungsmenge des sauerstoffhaltigen Gases einfach je nach Anforderung gesteuert werden.

Andererseits wird das reformierte Gas durch die Reformierungsvorrichtung erzeugt. Daher bewirkt die chemische Reaktion des reformierten Gases eine Zeitverzögerung, so daß die Menge des erzeugten reformierten Gases nur schwer genauer bestimmt werden kann.

Folglich hängt die Energieerzeugung in der Brennstoffzelle hauptsächlich von der Beschickungsmenge des reformierten Gases ab. Daher hängt die Lastenergie, die der Brennstoffzelle entnommen werden kann, hauptsächlich von der Menge des der Brennstoffzelle zugeführten reformierten Gases ab.

In dem herkömmlichen Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem wird jedoch die tatsächliche Lastenergie, die der Brennstoffzelle entnommen wird, nicht mit Bezug auf die Menge des der Brennstoffzelle zugeführten reformierten Gases festgelegt. Daher ist es möglich, daß der Brennstoffzelle Energie in einer Menge entnommen wird, die den ursprünglichen Grenzwert für die entnehmbare Energie übersteigt, wodurch die Brennstoffzelle beschädigt werden kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem zu schaffen, das eine Reformierungsvorrichtung und eine Brennstoffzelle einzeln mit ihren entsprechenden Betriebsdrücken betreiben kann, Energie bei geeigneter Aufrechterhaltung des Druckgleichgewichts zwischen der Reformierungsvorrichtung und der Brennstoffzelle erzeugt und wirksam verhindert, daß der Brennstoffzelle Energie in einer Menge entnommen wird, die

DE 100 09 931 A 1

die Kapazität der Brennstoffzelle übersteigt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem nach einem der Ansprüche 1 und 11. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem ist es möglich, die Reformierungsvorrichtung und die Brennstoffzelle zu betreiben, ohne einen die Kapazität der Brennstoffzelle übersteigenden Laststrom zu transportieren, und das Druckgleichgewicht zwischen der Reformierungsvorrichtung und der Brennstoffzelle beizubehalten und die Betriebsdrücke sowohl der Reformierungsvorrichtung als auch der Brennstoffzelle auf ihren jeweiligen Soll-Betriebsdrücken zu halten.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

Fig. 1 einen Blockschatzplan zur Erläuterung der Steuerung der Drücke sowohl der Reformierungsvorrichtung als auch der Brennstoffzelle eines Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 2 einen Blockschatzplan zur Erläuterung der Konfiguration des Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems nach **Fig. 1**.

Zunächst werden die Prinzipien der Drucksteuerung sowohl der Reformierungsvorrichtung **1** als auch der Brennstoffzelle **3** mit Hilfe des Blockschatzplans von **Fig. 1** erläutert, der die vereinfachte Konfiguration eines Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems **S** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt.

Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, umfaßt das Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem **S** gemäß dieser Ausführungsform ein System **S1** für die Zufuhr reformierten Gases, das Brennstoff reformiert, reformiertes Gas mit hohem Wasserstoffgehalt erzeugt und das erzeugte reformierte Gas einer Brennstoffzelle **3** zuführt, sowie ein System **S2** für die Zufuhr sauerstoffhaltigen Gases, das der Brennstoffzelle **3** sauerstoffhaltiges Gas zuführt. Das System **S1** für die Zufuhr reformierten Gases umfaßt eine Reformierungsvorrichtung **1**, die reformiertes Gas erzeugt. Die Reformierungsvorrichtung **1** und die Brennstoffzelle **3** stehen miteinander über ein Durchflußmengensteuerventil **2** in Verbindung, das die Durchflußmenge des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases reguliert.

Zunächst wird die Drucksteuerung in der Reformierungsvorrichtung **1** beschrieben. In dieser Drucksteuerung wird das Durchflußmengensteuerventil **2** in der Weise gesteuert, daß die Sollöffnung des Ventils **2** dann, wenn der Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** unter einen Soll-Betriebsdruck absinkt, so berechnet wird, daß die Öffnung des Ventils **2** reduziert wird, wodurch die Menge des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases geeignet reduziert wird. Dadurch kann der Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** erhöht werden. Umgekehrt wird das Durchflußmengensteuerventil **2** in der Weise gesteuert, daß dann, wenn der Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** über den Soll-Betriebsdruck ansteigt, die Soll-Ventilöffnung so berechnet wird, daß die Öffnung des Ventils **2** erhöht wird, so daß die Menge des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases geeignet zunimmt. Dadurch kann der Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** reduziert werden.

Genauer wird das folgende Betriebssystem verwendet, um die obenerwähnte Drucksteuerung in der Reformierungsvorrichtung **1** auszuführen. Das Druckgleichgewicht am Auslaß der Reformierungsvorrichtung kann durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt werden:

$$C1 \times s \times Pout_ref = Qin_ref - Qout_ref \quad (1)$$

In Gleichung (1) ist **C1** die Volumenkapazität der Reformierungsvorrichtung **1**, ist **s** ein Teil eines Laplace-Operators und ist **Pout_ref** der Auslaßdruck der Reformierungsvorrichtung **1**. Ferner ist **Qin_ref** die Durchflußmenge des in die Reformierungsvorrichtung **1** strömenden Brennstoffs und ist **Qout_ref** die Menge des in der Reformierungsvorrichtung **1** reformierten und dann aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden Gases.

Um den Druck der Reformierungsvorrichtung **1** zu regulieren, kann die obige Gleichung (1) verwendet werden.

Mit anderen Worten, um den Druck **Pout_ref** der Reformierungsvorrichtung **1** entsprechend Gleichung (1) zu regulieren, kann die Menge **Qout_ref** der aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden Substanz anhand der Tatsache, daß die Menge **Qin_ref** von dem entsprechend der Änderung der externen Last in die Reformierungsvorrichtung **1** eingeleiteten Brennstoff abhängt, geeignet reguliert werden.

Die Menge **Qout_ref** des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases kann durch die folgende Gleichung (2) ausgedrückt werden, indem die Ventilöffnung **CVX** des Durchflußmengensteuerventils **2**, der Druck **Pout_ref** der Reformierungsvorrichtung **1** und der Einlaßdruck **Pin_stk** der Brennstoffzelle **3** verwendet werden:

$$Qout_ref = kp \times (Pout_ref - Pin_stk) + kx \times CVX \quad (2)$$

In Gleichung (2) ist **CVX** die Ventilöffnung, ist **kp** eine nichtlineare Verstärkungskonstante, die vom Druck abhängt, und ist **kx** eine nichtlineare Verstärkungskonstante, die von der Ventilöffnung abhängt.

Wie aus Gleichung (2) hervorgeht, wird gemäß dem ersten Term auf der rechten Seite, der zum Druck **Pout_ref** proportional ist, die Menge **Qout_ref** um so größer, je höher der Druck **Pout_ref** ist. Andererseits wird entsprechend dem zweiten Term auf der rechten Seite von Gleichung (2) die Menge **Qout_ref** um so größer, je größer die Öffnung **CVX** ist.

Anhand der obigen Gleichungen (1) und (2) kann der Auslaßdruck **Pout_ref** der Reformierungsvorrichtung **1** durch die folgende Gleichung (3) ausgedrückt werden:

$$Pout_ref = \frac{Qin_ref + kp \times Pin_stk - kx \times CVX}{C1 \times s + kp} \quad (3)$$

Wie aus Gleichung (3) hervorgeht, kann der Auslaßdruck **Pout_ref** der Reformierungsvorrichtung **1** durch Regulieren der Ventilöffnung **CVX** auf einen geeigneten Wert eingestellt werden.

DE 100 09 931 A 1

Wenn nämlich die Ventilöffnung CVX auf einen kleineren Wert eingestellt wird, wird der Druck Pout_ref höher. Wenn die Ventilöffnung CVX auf einen höheren Wert eingestellt wird, wird der Druck Pout_ref niedriger. Falls somit die Ventilöffnung CVX in der Weise eingestellt wird, daß der Zähler von Gleichung (3) auf einem konstanten Wert gehalten wird, kann der Auslaßdruck Pout_ref auf einem geeigneten Wert gehalten werden.

5 Wenn beispielsweise der Soll-Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung 1 durch Pout_ref_SV gegeben ist und der Druck der Reformierungsvorrichtung 1 zum Soll-Betriebsdruck Pout_ref_SV geführt werden soll, wird die folgende Gleichung (4) verwendet:

$$CVX = CVX_1 + kg_ref \times (Pout_ref_SV - Pout_ref) \quad (4)$$

10 Das heißt, daß die Sollventilöffnung CVX unter Verwendung von Gleichung (4) berechnet wird und das Durchflußmengen-Steuerventil 2 in der Weise reguliert wird, daß es auf diese Ventilöffnung CVX eingestellt wird. Es wird ange-merkt, daß in der Gleichung (4) CVX 1 der im vorhergehenden Zyklus berechnete Wert der Ventilöffnung ist und kg_ref ein Regulierungsparameter ist.

15 Wenn daher in dem obenbeschriebenen Steuerventil der Innendruck der Reformierungsvorrichtung niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, kann er geeignet erhöht werden, falls er hingegen höher ist, kann er geeignet reduziert werden.

Nun wird die Drucksteuerung in der Brennstoffzelle 3 beschrieben. Wenn in dieser Drucksteuerung der Innendruck der Brennstoffzelle 3 höher als der Soll-Betriebsdruck ist, wird die Menge des in der Brennstoffzelle 3 verbrauchten reformierten Gases erhöht, um die Entnahme eines höheren Laststroms aus der Zelle 3 zuzulassen. Im Ergebnis kann der Innendruck der Brennstoffzelle 3 reduziert werden.

20 Wenn hingegen der Innendruck der Brennstoffzelle 3 niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, wird die Menge des in der Brennstoffzelle 3 verbrauchten reformierten Gases erniedrigt, um zuzulassen, daß der Brennstoffzelle 3 ein geringerer Laststrom entnommen wird. Im Ergebnis kann der Innendruck der Brennstoffzelle 3 erhöht werden.

Wie später genauer erläutert wird, wird, wenn ein entsprechend dem Betrieb gesetzter Soll-Laststrom, bei dem der Innendruck der Brennstoffzelle 3 gleich dem Soll-Betriebsdruck ist, die Größe des von der externen Last angeforderten Stroms übersteigt, nur die überschüssige Strommenge an eine getrennt vorgesehene Ladevorrichtung geliefert, um die Brennstoffzelle 3 unterbrechungsfrei zu betreiben, wobei der Innendruck der Brennstoffzelle 3 auf dem Soll-Betriebsdruck gehalten wird und die Lieferung eines Überstroms an die externe Last vermieden wird.

Genauer wird das folgende Betriebssystem verwendet, um die obengenannte Drucksteuerung zu verwirklichen.

30 Zunächst kann das Druckgleichgewicht am Einlaß der Brennstoffzelle 3 durch die folgende Gleichung (5) ausgedrückt werden:

$$C2 \times s \times Pin_stk = Qout_cv - Qout_stk \quad (5)$$

35 In Gleichung (5) ist C2 die Volumenkapazität der Brennstoffzelle 3, ist s ein Teil eines Laplace-Operators und ist Pin_stk der Einlaßdruck der Brennstoffzelle 3.

Außerdem ist Qout_cv die Menge des aus der Reformierungsvorrichtung 1 ausströmenden reformierten Gases, das sich durch das Durchflußmengen-Steuerventil 2 bewegt, wobei die Menge Qout_cv der Menge Qout_ref ähnlich ist. Qout_stk ist die Menge des aus der Brennstoffzelle 3 ausströmenden reformierten Gases.

40 Um den Einlaßdruck der Brennstoffzelle 3 zu regulieren, kann die obige Gleichung (5) verwendet werden. Das heißt, um den Einlaßdruck der Brennstoffzelle 3 zu regulieren, kann die Menge Qout_stk der aus der Brennstoffzelle 3 ausströmenden Substanz reguliert werden. Die aus der Brennstoffzelle ausströmende Substanz ist genauer das reformierte Gas, das in der Brennstoffzelle 3 verbraucht wird. Die Menge Qout_stk des aus der Brennstoffzelle 3 ausströmenden reformierten Gases kann als Menge des in der Brennstoffzelle 3 verbrauchten reformierten Gases bezeichnet werden.

45 Die Menge Qout_ref des aus der Reformierungsvorrichtung 1 ausströmenden reformierten Gases wird zu der Menge Qout_cv des durch das Durchflußmengen-Steuerventil 2 strömenden reformierten Gases und dann zu der Menge Qin_stk des in die Brennstoffzelle 3 strömenden reformierten Gases. Daher ist die Menge Qout_cv zu der Menge Qout_ref äquivalent und kann in der gleichen Weise wie in Gleichung (2) ausgedrückt werden. Die Menge des aus dem Durchflußmengen-Steuerventil 2 ausströmenden reformierten Gases Qout_cv kann durch die folgende Gleichung (6) ausgedrückt werden, indem die Ventilöffnung CVX des Durchflußmengen-Steuerventils 2, der Einlaßdruck Pin_stk der Brennstoffzelle 3 und der Auslaßdruck pout_ref der Reformierungsvorrichtung 1 verwendet werden:

$$Qout_cv = kp \times (Pout_ref - Pin_stk) + kx \times CVX \quad (6)$$

55 In Gleichung (6) ist kp eine nichtlineare Verstärkungskonstante, die vom Druck abhängt, und ist kx eine nichtlineare Verstärkungskonstante, die von der Ventilöffnung abhängt.

Wie aus Gleichung (6) hervorgeht, ist wegen der Proportionalität des ersten Terms auf der rechten Seite zu dem Druck Pin_stk die Menge Qout_cv um so kleiner, je höher der Druck Pin_stk ist. Andererseits ist die Menge Qout_cv wegen der Proportionalität des zweiten Terms auf der rechten Seite zur Ventilöffnung CVX um so größer, je größer die Ventilöffnung CVX ist.

60 Anhand der obigen Gleichungen (5) und (6) kann der Einlaßdruck Pin_stk der Brennstoffzelle 3 durch folgende Gleichung (7) ausgedrückt werden:

$$Pin_stk = \frac{kp \times Pout_ref + kx \times CVX - Qout_stk}{C2 \times s + kp} \quad (7)$$

Gemäß Gleichung (7) wird die Ventilöffnung CVX in der Weise gesteuert, daß der Druck der in der vorhergehenden Stufe vorgesehenen Reformierungsvorrichtung 1 aufrechterhalten wird, weshalb er nicht variabel gesetzt werden kann,

DE 100 09 931 A 1

um den Druck auf seiten der Brennstoffzelle **3** zu steuern. Daher kann die Regulierung des Einlaßdrucks Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** durch Regulieren der Menge Qout_{stk} des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases ausgeführt werden.

Das heißt, falls die Menge Qout_{stk} abnimmt, wird der Druck Pin_{stk} erhöht. Falls die Menge Qout_{stk} erhöht wird, wird der Druck Pin_{stk} reduziert. Dann ist es durch Setzen der Menge Qout_{stk} in der Weise, daß der Zähler in Gleichung (7) konstant ist, möglich, den Druck Pin_{stk} auf einem geeigneten Druckwert zu halten. 5

Weiterhin ist die Menge Qout_{stk} des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases gemäß Gleichung (7) zu einem der Brennstoffzelle **3** entnommenen Laststrom I_{load} proportional.

Daraus folgt, daß die Menge Qout_{stk} zunimmt, wenn der der Brennstoffzelle **3** entnommene Laststrom I_{load} zunimmt, und daß die Menge Qout_{stk} abnimmt, wenn der der Brennstoffzelle **3** entnommene Laststrom I_{load} abnimmt. 10

Die obige Beziehung kann durch folgende Gleichung (8) ausgedrückt werden:

$$\text{Qout}_{\text{stk}} = \text{ks} \times \text{I}_{\text{load}} \quad (8)$$

In Gleichung (8) ist ks eine Proportionalitätskonstante.

Das heißt, daß gemäß Gleichung (7) der Einlaßdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** unter Verwendung von Gleichung (8) durch die folgende Gleichung (9) ausgedrückt werden kann: 15

$$\text{Pin}_{\text{stk}} = \frac{\text{kp} \times \text{Pout}_{\text{ref}} + \text{kx} \times \text{CVX} - \text{ks} \times \text{I}_{\text{load}}}{\text{C2} \times 2 + \text{kp}} \quad (9)$$
20

Wie aus obiger Gleichung (9) hervorgeht, kann der Druck Pin_{stk} durch Regulieren des Laststroms I_{load} reguliert werden. Wenn daher ein Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ in der Weise gesetzt wird, daß die Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases verbraucht wird, und der Zähler in Gleichung (9) konstant ist, kann der Einlaßdruck der Brennstoffzelle **3** auf einem geeigneten Wert gehalten werden. 25

Ferner kann der Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ durch die folgende Gleichung (10) ausgedrückt werden:

$$\text{I}_{\text{load_SV}} = \text{F}_{\text{stk}} \times \text{Qout}_{\text{cv}} \quad (10)$$

In Gleichung (10) ist F_{stk} eine Funktion, die die Beziehung zwischen der Menge Qout_{cv} des in die Brennstoffzelle **3** strömenden wasserstoffreichen reformierten Gases und dem Laststrom I_{load} angibt. 30

Hieraus und aus Gleichung (8) ergibt sich, daß, wenn der Brennstoffzelle **3** ein Laststrom entnommen wird, um die Beziehung $\text{I}_{\text{load_SV}} = \text{ks} \times \text{I}_{\text{load}}$ zu erfüllen, die Menge Qout_{stk} des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases reguliert wird und der Einlaßdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** dadurch auf den Soll-Betriebsdruck $\text{Pin}_{\text{stk_SV}}$ reguliert werden kann. 35

Hieraus und aus Gleichung (10) ergibt sich, daß der Soll-Laststrom aus der Funktion berechnet werden kann, die die Beziehung zwischen der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases und dem Laststrom angibt, so daß es möglich ist, die Entnahme eines die Kapazität der Brennstoffzelle **3** übersteigenden Laststroms aus der Brennstoffzelle **3** wirksam zu unterdrücken.

Nun wird der Fall betrachtet, in dem der Soll-Betriebsdruck $\text{Pin}_{\text{stk_SV}}$ der Brennstoffzelle **3** während der Ausführung einer Drucksteuerung geändert wird. 40

In diesem Fall tritt eine Abweichung zwischen dem Einlaßdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** und dem Soll-Betriebsdruck $\text{Pin}_{\text{stk_SV}}$ auf. Somit wird der Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ unter Verwendung eines Korrekturbetrags Δ_{load} korrigiert, so daß der Einlaßdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** gleich dem Soll-Betriebsdruck $\text{Pin}_{\text{stk_SV}}$ ist. 45

Der Korrekturbetrag Δ_{load} wird unter Verwendung der folgenden Gleichung (11) berechnet:

$$\Delta_{\text{load}} = \text{k}_{\alpha} \times (\text{Pin}_{\text{stk}} - \text{Pin}_{\text{stk_SV}}) \quad (11)$$

In Gleichung (11) ist k_{α} ein Regulierungsparameter.

Danach wird unter Verwendung folgenden Gleichung (12) der Korrekturbetrag Δ_{load} zum ursprünglichen Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ addiert, wodurch ein endgültiger Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV_new}}$ erhalten wird: 50

$$\text{I}_{\text{load_SV_new}} = \text{I}_{\text{load_SV}} + \Delta_{\text{load}} \quad (12)$$

Genauer wird in dem Fall, in dem der Einlaß-Betriebsdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** reduziert wird, der Gradient der Funktion zum Berechnen des Soll-Laststroms $\text{I}_{\text{load_SV}}$, der durch Gleichung (10) gegeben ist, d. h. der Gradient der Funktion F_{stk} , die die Beziehung zwischen der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases Qout_{cv} und dem Laststrom I_{load} angibt, in der Weise geändert, daß der Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ ansteigt. 55

Wenn umgekehrt der Einlaß-Betriebsdruck Pin_{stk} der Brennstoffzelle **3** ansteigt, wird der Gradient der Funktion F_{stk} in der Weise geändert, daß der Soll-Laststrom $\text{I}_{\text{load_SV}}$ reduziert wird. 60

Gemäß dem obenbeschriebenen Steuerprinzip wird daher dann, wenn der Einlaß-Betriebsdruck der Brennstoffzelle **3** höher als der Sollwert ist, eine Korrektur ausgeführt, indem der Soll-Laststrom erhöht wird, um dadurch den Einlaß-Betriebsdruck zu reduzieren. Wenn der Einlaß-Betriebsdruck der Brennstoffzelle **3** niedriger als der Sollwert ist, wird eine Korrektur ausgeführt, indem der Soll-Laststrom erniedrigt wird, um dadurch den Einlaß-Betriebsdruck zu reduzieren. In dieser Weise kann der Einlaßdruck der Brennstoffzelle **3** auf dem Sollwert gehalten werden. 65

Nun wird die Konfiguration des Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems **1** zum Steuern der Drücke der Reformierungsvorrichtung **1** und der Brennstoffzelle **3** durch Anwenden des obenbeschriebenen Steuerprinzips mit Bezug auf Fig. 2 genauer erläutert.

DE 100 09 931 A 1

Das in **Fig. 2** gezeigte Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem **5** umfaßt die Reformierungsvorrichtung **1**, die einen von einer nicht gezeigten Brennstoffzufuhrquelle gelieferten Brennstoff F mittels einer katalytischen Reaktion reformiert und ein wasserstoffreiches reformiertes Gas G erzeugt, ein Durchflußmengen-Steuerventil **2**, das die Durchflußmenge des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases reguliert, einen Durchflußmengendetektor **4**, der die Durchflußmenge des aus dem Durchflußmengen-Steuerventil **2** ausströmenden reformierten Gases G erfaßt, die Brennstoffzelle **3**, die bewirkt, daß das von der Reformierungsvorrichtung **1** durch das Durchflußmengen-Regulierungsventil **2** und durch den Durchflußmengendetektor **4** strömende reformierte Gas G in die Brennstoffzelle **3** eintritt und mit Luft A, die ein von einer nicht gezeigten Luftzufuhrquelle geliefertes sauerstoffhaltiges Gas ist, reagiert, um Energie zu erzeugen, eine Energieerhöhungsschaltung **5**, die die von der Brennstoffzelle **3** erzeugte Energie erhöht und die erhöhte Energie an eine externe Last liefert, sowie eine Speichervorrichtung **6** wie etwa eine Batterie, die in bezug auf die Brennstoffzelle **3** zur Energieerhöhungsschaltung **5** parallelgeschaltet ist.

Das System, das bei der Brennstoff-Zufuhrquelle beginnt und reformiertes Gas erzeugt und der Brennstoffzelle **3** zuführt, ist ein System S1 für die Zufuhr reformierten Gases. Das System, das bei der Luftzufuhrquelle beginnt und die Luft A der Brennstoffzelle **3** zuführt, ist ein System S2 für die Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas.

Für die Reformierungsvorrichtung **1** sind ein Reformierungsvorrichtung-Auslaßdruckdetektor **7** zur Erfassung des Auslaßdrucks des reformierten Gases G, eine Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **8** zum Berechnen des Soll-Betriebsdrucks der Reformierungsvorrichtung **1** mittels eines vorgegebenen Betriebs für von außerhalb des Systems S angefordelter Energie L sowie eine Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9**, die die Ventilöffnung, die erforderlich ist, um die Durchflußmengen des aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmenden reformierten Gases G zu regulieren, anhand der Differenz zwischen dem Auslaßdruck, der vom Reformierungsvorrichtung-Auslaßdruckdetektor **7** erfaßt wird, und dem Reformierungsvorrichtung-Soll-Betriebsdruck, der von der Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **8** berechnet wird, berechnet.

Für die Brennstoffzelle **3** sind eine Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11**, die einen Soll-Laststrom, der von der Brennstoffzelle erzeugt werden soll, anhand der vom Durchflußmengendetektor erfaßten Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G berechnet, ein Brennstoffzellen-Einlaßdruckdetektor **12**, der den Einlaßdruck des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G erfaßt, eine Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **13**, die den Soll-Betriebsdruck der Brennstoffzelle **3** für von außen angeforderte Energie L berechnet, eine Soll-Laststrom-Korrekturbetrag-Recheneinrichtung **14**, die den Korrekturbetrag für den Soll-Laststrom anhand der Differenz zwischen dem vom Brennstoffzellen-Einlaßdruckdetektor **12** erfaßten Brennstoffzellen-Einlaßdruck und dem von der Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **13** berechneten Brennstoffzellen-Soll-Betriebsdruck berechnet, sowie eine Korrekturbetrag-Additionseinrichtung **15**, die den von der Soll-Laststrom-Korrekturbetrag-Recheneinrichtung **14** berechnete Korrekturbetrag zu dem von der Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** berechneten Brennstoffzellen-Soll-Laststrom addiert, vorgesehen. Der Ausgang der Korrekturbetrag-Additionseinrichtung **15** wird als endgültiger Soll-Laststrom der Brennstoffzelle **3** in die Verstärkungseinrichtung **5** eingegeben.

Weiterhin ist zwischen dem Brennstoffzellen-Einlaßdruckdetektor **12** und der Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** eine Soll-Laststrom-Korrektureinrichtung **16** vorgesehen. Wenn der vom Brennstoffzellen-Einlaßdruckdetektor **12** erfaßte Brennstoffzellendruck höher als der Soll-Betriebsdruck ist, führt die Soll-Laststrom-Korrektureinrichtung **16** eine Korrektur aus, indem sie den Soll-Laststrom in bezug auf die Durchflußmenge des reformierten Gases G erhöht, um eine Energieerzeugungsreaktion in der Brennstoffzelle **3** zu beschleunigen, und indem sie den Gradienten der Funktion erhöht, die die Beziehung zwischen der Durchflußmenge des reformierten Gases G und dem Soll-Laststrom, auf die die Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** Bezug nimmt, darstellt, um den Druck der Brennstoffzelle **3** zu reduzieren. Wenn umgekehrt der Brennstoffzellendruck niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, führt die Soll-Laststrom-Korrektureinrichtung **16** eine Korrektur aus, indem sie den Soll-Laststrom in bezug auf die Durchflußmenge des reformierten Gases erniedrigt und indem sie den Gradienten der Funktion erniedrigt, die die Beziehung zwischen der Durchflußmenge des reformierten Gases G und dem Soll-Laststrom, auf die die Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** Bezug nimmt, darstellt, um den Druck der Brennstoffzelle **3** zu erhöhen.

Im folgenden wird die Funktionsweise des Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystems S mit dem obenbeschriebenen Aufbau beschrieben.

Der Reformierungsvorrichtung **1** wird ein Brennstoff F, der als eine Hauptkomponente Methanol enthält, zugeführt. Die Reformierungsvorrichtung **1** führt eine Reformierungsreaktion am Brennstoff F aus und erzeugt wasserstoffreiches reformiertes Gas G. Das wasserstoffreiche reformierte Gas G wird von der Reformierungsvorrichtung **1** durch das Durchflußmengen-Steuerventil **2** der Brennstoffzelle **3** zugeführt.

Die Brennstoffzelle **3** bewirkt, daß die als sauerstoffhaltiges Gas dienende Luft A, die von einer nicht gezeigten Luftzufuhrleinheit auf einem anderen Weg zugeführt wird, mit dem reformierten Gas G von der Reformierungsvorrichtung reagiert, um dadurch Energie zu erzeugen.

Danach wird der von der Brennstoffzelle **3** durch die Verstärkungseinrichtung **5** fließende Laststrom an die nicht gezeigte externe Last abgegeben, um die der externen Last entsprechende Energie zu liefern.

Die Druckregulierung der Reformierungsvorrichtung **1** geschieht folgendermaßen: Der Reformierungsvorrichtung-Druckdetektor **7** erfaßt den Ausgangsdruck der Reformierungsvorrichtung.

Die Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **8** erhält einen der Zufuhrmenge des Brennstoffs F entsprechenden Soll-Betriebsdruck anhand der Funktion, die die Beziehung zwischen der Menge des von der Reformierungsvorrichtung **1** zugeführten Brennstoffs F und dem Soll-Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung **1** darstellt, und gibt den erhaltenen Soll-Betriebsdruck in die Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9** ein. Es wird angemerkt, daß nicht die obengenannte Funktion, sondern eine Funktion, die die Beziehung zwischen der von der externen Last angeforderten Energie L und dem Soll-Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung **1** darstellt, verwendet werden könnte, weil der an die Reformierungsvorrichtung **1** gelieferte Brennstoff F entsprechend der von der externen Last angeforderten Energie eingeleitet wird.

Die Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9** erhält die Soll-Ventilöffnung unter Verwendung von Gleichung (4) und

DE 100 09 931 A 1

anhand der Abweichung zwischen dem Soll-Betriebsdruckwert, der von der Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **8** berechnet wird, und dem Meßwert für den Auslaßdruck der Reformierungsvorrichtung **1**, die durch den Reformierungsvorrichtung-Druckdetektor **7** erhalten wird, um die Differenz zwischen dem Soll-Betriebsdruck und dem Auslaßdruck gegen null zu führen.

Genauer berechnet die Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9** dann, wenn der vom Reformierungsvorrichtung-Druckdetektor **7** gemessene Druck höher als der Soll-Betriebsdruck ist, die Soll-Ventilöffnung, um diese zu erhöhen, so daß die Menge wasserstoffreichen reformierten Gases G, das aus der Reformierungsvorrichtung **1** ausströmt, erhöht wird, um dadurch den Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** abzusenken. Wenn hingegen der vom Reformierungsvorrichtung-Druckdetektor **7** gemessene Druck niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, berechnet die Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9** die Soll-Ventilöffnung, um die Ventilöffnung zu reduzieren, so daß die Menge des aus der Reformierungsvorrichtung ausströmenden reformierten Gases reduziert wird, um dadurch den Innendruck der Reformierungsvorrichtung **1** zu erhöhen.

Die Soll-Ventilöffnungs-Recheneinrichtung **9** steuert außerdem die Öffnung des Durchflußmengen-Steuerventils **2** unter Verwendung der Soll-Ventilöffnung, die in dieser Weise berechnet worden ist, so daß die Ventilöffnung des Durchflußmengen-Steuerventils **2** gleich der Soll-Ventilöffnung wird.

Die Druckregulierung der Brennstoffzelle **3** geschieht folgendermaßen: Die Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** berechnet einen der Brennstoffzelle **3** entnommenen Soll-Laststrom anhand der Funktion, die die Beziehung zwischen der vom Durchflußmengen-Detektor **4** erfaßten Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G und dem Laststrom darstellt.

Der der Brennstoffzelle **3** entnommene Laststrom wird durch die Reaktionsmenge bestimmt, mit denen der Wasserstoff und der Sauerstoff in der Brennstoffzelle **3** miteinander reagieren. Daher hängt der Laststrom, der der Brennstoffzelle **3** entnommen werden kann, hauptsächlich von der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G ab. In dieser Ausführungsform wird daher der der Brennstoffzelle **3** entnommene Soll-Laststrom anhand der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G unter Verwendung von Gleichung (10) gesetzt, was nicht bedeutet, daß ein Laststrom, der höher als der Laststrom ist, der der Brennstoffzelle **3** entnommen werden kann, entnommen wird.

Die Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **13** berechnet einen Soll-Betriebsdruck auf der Grundlage der Funktion, die die Beziehung zwischen der von der externen Last angeforderten Energie und dem Soll-Betriebsdruck der Brennstoffzelle **3** darstellt.

Die Soll-Laststrom-Korrekturbetrag-Recheneinrichtung **14** berechnet den Korrekturbetrag des Soll-Laststroms unter Verwendung von Gleichung (11) anhand der Abweichung zwischen dem Einlaßdruck der Brennstoffzelle **3**, der vom Brennstoffzellen-Einlaßdruck-Detektor **12** erfaßt wird, und dem Soll-Betriebsdruck, der von der Brennstoffzellen-Soll-Betriebsdruck-Recheneinrichtung **13** berechnet wird, um so die Differenz dem Einlaßdruck und dem Soll-Betriebsdruck gegen null zu führen.

Genauer berechnet die Recheneinrichtung **14** dann, wenn der vom Brennstoffzellen-Einlaßdruck-Detektor **12** erfaßte Druck höher als der Soll-Betriebsdruck ist, einen Korrekturbetrag zum Erhöhen des Soll-Laststroms, um die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu erhöhen, um dadurch den Einlaßdruck abzusenken.

Wenn umgekehrt der vom Brennstoffzellen-Einlaßdruck-Detektor **12** erfaßte Druck niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, berechnet die Recheneinrichtung **14** einen Korrekturbetrag zum Verringern des Soll-Laststroms, um dadurch die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu reduzieren, um dadurch den Einlaßdruck zu erhöhen.

Falls das System unter Aufrechterhaltung des Soll-Betriebsdrucks der Brennstoffzelle **3** arbeitet, befindet sich das System in einem Gleichgewichtszustand, in dem die Menge des reformierten Gases G, die der Menge entspricht, die in die Brennstoffzelle **3** strömt, und die Menge, die in der Brennstoffzelle **3** verbraucht wird und als Laststrom entnommen wird, gleich sind.

Wenn hingegen der Druck der Brennstoffzelle **3** höher oder niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, ist das System nicht im Gleichgewicht.

Wenn ferner der Innendruck der Brennstoffzelle **3** höher als der Soll-Betriebsdruck ist, ist die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases niedriger als die Menge des von der Reformierungsvorrichtung **1** zugeführten reformierten Gases G. Dieser Zustand kann zu einer Übergangszeit auftreten, in der der Soll-Betriebsdruck auf einen niedrigen Wert zurückgesetzt ist. In diesem Fall kann die Brennstoffzelle **3** einen übermäßigen Laststrom liefern. Selbst wenn daher der Soll-Laststrom ansteigt, so daß der Innendruck der Brennstoffzelle **3** auf den Soll-Betriebsdruck abgesenkt wird, wird kein die Kapazität der Brennstoffzelle **3** übersteigender Laststrom aus der Brennstoffzelle **3** entnommen.

Hingegen ist der Zustand, in dem der Innendruck der Brennstoffzelle **3** niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, ein Zustand, in dem die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G größer als die Menge des von der Reformierungsvorrichtung **1** zugeführten reformierten Gases G ist.

In dieser Ausführungsform tritt der obenbeschriebene Zustand während des stationären Betriebs nicht auf, weil der Soll-Laststrom entsprechend der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G gesetzt wird, wobei die Menge des in der Brennstoffzelle **3** reformierten Gases G reguliert wird. Mit anderen Worten, im stationären Betrieb kann prinzipiell kein übermäßiger Laststrom entnommen werden, ferner kann die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G prinzipiell nicht übermäßig hoch sein.

In dieser Ausführungsform kann daher der Zustand, in dem der Innendruck der Brennstoffzelle **3** niedriger als der Soll-Betriebsdruck ist, zu einer Übergangszeit auftreten, in der der Soll-Betriebsdruck auf einen höheren Wert zurückgesetzt wird. In einem solchen Zustand wird der Soll-Laststrom reduziert, so daß der Druck der Brennstoffzelle **3** gleich dem Soll-Betriebsdruck wird und die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G in der Weise reguliert wird, daß zu der Menge des der Brennstoffzelle **3** zugeführten reformierten Gases G ein Gleichgewicht gehalten wird. Auch in diesem Fall wird verhindert, daß ein die Kapazität der Brennstoffzelle **3** übersteigender Laststrom entnommen wird.

DE 100 09 931 A 1

Um dann den Druck der Brennstoffzelle **3** auf dem Sollwert zu halten, wird eine überschüssige Menge des Laststroms dann, wenn dieser Laststrom den Strom übersteigt, der der von der externen Last angeforderten Energie entspricht, aus der Brennstoffzelle **3** entnommen, an eine Speichervorrichtung **6** geleitet und dort gesammelt, um zu verhindern, daß an die externe Last unnötigerweise ein übermäßiger Laststrom geliefert wird.

5 Wie oben erwähnt worden ist, wird der von der Soll-Laststrom-Korrekturbetrag-Recheneinrichtung **14** berechnete Soll-Laststrom-Korrekturbetrag durch die Korrekturbetrag-Additionseinrichtung **15** unter Verwendung von Gleichung (12) zu dem von der Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** ausgegebenen Soll-Laststrom addiert, wodurch der Soll-Laststrom korrigiert wird. Der in dieser Weise korrigierte Soll-Laststrom wird als endgültiger Soll-Laststrom der Brennstoffzelle **3** in die Verstärkungseinrichtung **5** eingegeben. Die Brennstoffzelle **3** arbeitet in der Weise, daß Energie entsprechend diesem endgültigen Soll-Laststrom erzeugt wird. Der erzeugte Laststrom wird der Verstärkungseinrichtung **5** zugeführt und von der Verstärkungseinrichtung **5** an die externe Last geliefert.

Falls darüber hinaus in dieser Ausführungsform der Druck der Brennstoffzelle **3** höher als der Solldruck ist, erhöht die Soll-Laststrom-Korrekturereinrichtung **16** den Gradienten der Funktion, die durch die Gleichung (10) gegeben ist und die Beziehung zwischen dem Laststrom und der Menge des in die Brennstoffzelle **3** strömenden reformierten Gases G darstellt, so daß der Soll-Laststrom erhöht wird, um dadurch die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu erhöhen und den Druck der Brennstoffzelle **3** effektiv zu reduzieren.

15 Im Ergebnis ist es daher dann, wenn die Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** einen Soll-Laststrom unter Verwendung von Gleichung (10) berechnet, möglich, einen höheren Soll-Laststrom in bezug auf die Menge des einströmenden reformierten Gases G zu setzen, um die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu erhöhen und infolgedessen den Druck in der Brennstoffzelle **3** wirksamer zu reduzieren.

20 Wenn andererseits der Druck der Brennstoffzelle **3** niedriger als der Solldruck ist, hängt die Soll-Laststrom-Korrekturereinrichtung **16** den Gradienten der durch Gleichung (10) gegebenen Funktion ab, so daß der Soll-Laststrom reduziert wird, um dadurch die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu reduzieren und den Druck der Brennstoffzelle **3** effektiv zu erhöhen.

25 Wenn die Soll-Laststrom-Recheneinrichtung **11** einen Soll-Laststrom unter Verwendung von Gleichung (10) berechnet, ist es daher möglich, einen niedrigeren Soll-Laststrom in bezug auf die Menge des reformierten Gases G zu setzen, um die Menge des in der Brennstoffzelle **3** verbrauchten reformierten Gases G zu reduzieren und folglich den Druck der Brennstoffzelle **3** wirksamer zu erhöhen.

30 Der gesamte Inhalt der Patentanmeldung JP 11-55855-A, eingereicht am 3. März 1999 in Japan, ist hiermit durch Literaturhinweis eingefügt.

Obwohl die Erfindung mit Bezug auf eine bestimmte Ausführungsform beschrieben worden ist, ist die Erfindung selbstverständlich nicht auf diese Ausführungsform eingeschränkt. Der Fachmann kann anhand der angegebenen Lehren der Erfindung Abwandlungen und Änderungen an der obenbeschriebenen Ausführungsform vornehmen. Der Umfang der Erfindung ist durch die beigefügten Ansprüche definiert.

35

Patentansprüche

1. Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem, mit einer Reformierungsvorrichtung (1), die Brennstoff (F) reformiert und ein wasserstoffreiches reformiertes Gas (G) erzeugt, und
40 einer Brennstoffzelle (3), die eine Reaktion zwischen einem sauerstoffhaltigen Gas (A) und dem von der Reformierungsvorrichtung (1) zugeführten reformierten Gas (G) bewirkt und Energie erzeugt, gekennzeichnet durch einen Steuerabschnitt (2), der die Durchflußmenge des von der Reformierungsvorrichtung (1) ausströmenden reformierten Gases (G) in der Weise steuert, daß der Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung (1) gleich einem Solldruck wird,
45 einen Erfassungsabschnitt (4), der die Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle (3) strömenden reformierten Gases (G) erfäßt, einen Rechenabschnitt (11), der den der Brennstoffzelle (3) entnommenen Soll-Laststrom anhand der vom Erfassungsabschnitt (4) erfäßten Durchflußmenge des reformierten Gases (G) in der Weise berechnet, daß der Betriebsdruck der Brennstoffzelle (3) gleich einem Solldruck wird,
50 einen Erfassungsabschnitt (12), der den Einlaßdruck der Brennstoffzelle (3) erfäßt, einen Rechenabschnitt (14), der einen Laststrom-Korrekturbetrag anhand einer Abweichung zwischen dem vom Erfassungsabschnitt (12) erfäßten Einlaßdruck der Brennstoffzelle (3) und dem Solldruck der Brennstoffzelle (3) berechnet, und
55 einen Additionsabschnitt (15), der den vom Korrekturbetrag-Berechnungsabschnitt (14) berechneten Laststrom-Korrekturbetrag zu dem vom Soll-Laststrom-Rechenabschnitt (11) berechneten Soll-Laststrom addiert.
2. System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Speicherabschnitt (6), der Energie speichert, die von der Brennstoffzelle (3) erzeugt wird und einem überschüssigen Strom entspricht, um den der der Brennstoffzelle (3) entnommene Strom den von der externen Last angeforderten Laststrom übersteigt.
3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturbetrag-Rechenabschnitt (14) den Korrekturbetrag berechnet, der erforderlich ist, um eine Differenz zwischen dem Einlaßdruck der Brennstoffzelle (3), der von Einlaßdruck-Erfassungsabschnitt (12) erfäßt wird, und dem Solldruck der Brennstoffzelle (3) gegen null zu führen.
4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerabschnitt (2) für die Durchflußmenge des reformierten Gases (G) ein Ventil umfaßt, das die Durchflußmenge der Reformierungsvorrichtung (1) reguliert.
5. System nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch einen Auslaßdruck-Erfassungsabschnitt (7), der einen Auslaßdruck der Reformierungsvorrichtung (1) erfäßt, und einen Ventilöffnungs-Berechnungsabschnitt (9), der eine Sollöffnung des Ventils (2) anhand einer Abweichung zwischen dem vom Auslaßdruck-Erfassungsabschnitt erfäßten Auslaßdruck der Reformierungsvorrichtung (1) und dem Solldruck der Reformierungsvorrichtung (1) berechnet.

DE 100 09 931 A 1

6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilöffnungs-Berechnungsabschnitt (9) die Sollöffnung des Ventils (2) in der Weise berechnet, daß die Differenz zwischen dem vom Auslaßdruck-Erfassungsabschnitt (7) erfaßten Auslaßdruck der Reformierungsvorrichtung (1) und dem Solldruck der Reformierungsvorrichtung (1) gegen null geführt wird. 5

7. System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Abschnitt (8) zur Berechnung des Solldrucks des reformierten Gases (G), der den Solldruck der Reformierungsvorrichtung (1) anhand des von der externen Last angeforderten Lastbetrags oder anhand der der Reformierungsvorrichtung (1) zugeführten Brennstoffmenge berechnet.

8. System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Soll-Laststrom-Korrekturabschnitt (16), der eine Korrektur ausführt, um den Gradienten einer Funktion zu ändern, die die Beziehung zwischen der Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle (3) strömenden reformierten Gases (G) und dem Soll-Laststrom darstellt, wobei die Funktion vom Soll-Laststrom-Berechnungsabschnitt (11) verwendet wird. 10

9. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoff als eine Hauptkomponente Methanol entält.

10. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das sauerstoffhaltige Gas (A) Luft ist.

11. Brennstoffzellen-Energieerzeugungssystem, mit 15
einer Reformierungsvorrichtung (1), die Brennstoff (F) reformiert und ein wasserstoffreiches reformiertes Gas (G) erzeugt, und
einer Brennstoffzelle (3), die eine Reaktion zwischen einem sauerstoffhaltigen Gas (A) und dem von der Reformierungsvorrichtung (1) zugeführten reformierten Gas (G) bewirkt und Energie erzeugt, gekennzeichnet durch
eine Steuereinrichtung (2), die die Durchflußmenge des von der Reformierungsvorrichtung (1) ausströmenden reformierten Gases (G) in der Weise steuert, daß der Betriebsdruck der Reformierungsvorrichtung (1) gleich einem Solldruck wird,
eine Erfassungseinrichtung (4), die die Durchflußmenge des in die Brennstoffzelle (3) strömenden reformierten Gases (G) erfaßt,
eine Recheneinrichtung (11), die den der Brennstoffzelle (3) entnommenen Soll-Laststrom anhand der vom Erfassungsabschnitt (4) erfaßten Durchflußmenge des reformierten Gases (G) in der Weise berechnet, daß der Betriebsdruck der Brennstoffzelle (3) gleich einem Solldruck wird,
eine Erfassungseinrichtung (12), die den Einlaßdruck der Brennstoffzelle (3) erfaßt, und
eine Korrekturteinrichtung (16), die einen Laststrom-Korrekturbetrag anhand einer Abweichung zwischen dem von der Einlaßdruck-Erfassungseinrichtung (12) erfaßten Einlaßdruck der Brennstoffzelle (3) und dem Solldruck der Brennstoffzelle (3) berechnet und den Laststrom-Korrekturbetrag zu dem von der Soll-Laststrom-Recheneinrichtung (11) berechneten Soll-Laststrom addiert. 20

12. System nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch eine Speichereinrichtung (6), die Energie speichert, die dem überschüssigen Strom entspricht, um den der Brennstoffzelle (3) entnommene Strom den von der externen Last angeforderten Laststrom übersteigt. 25

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG.1

S

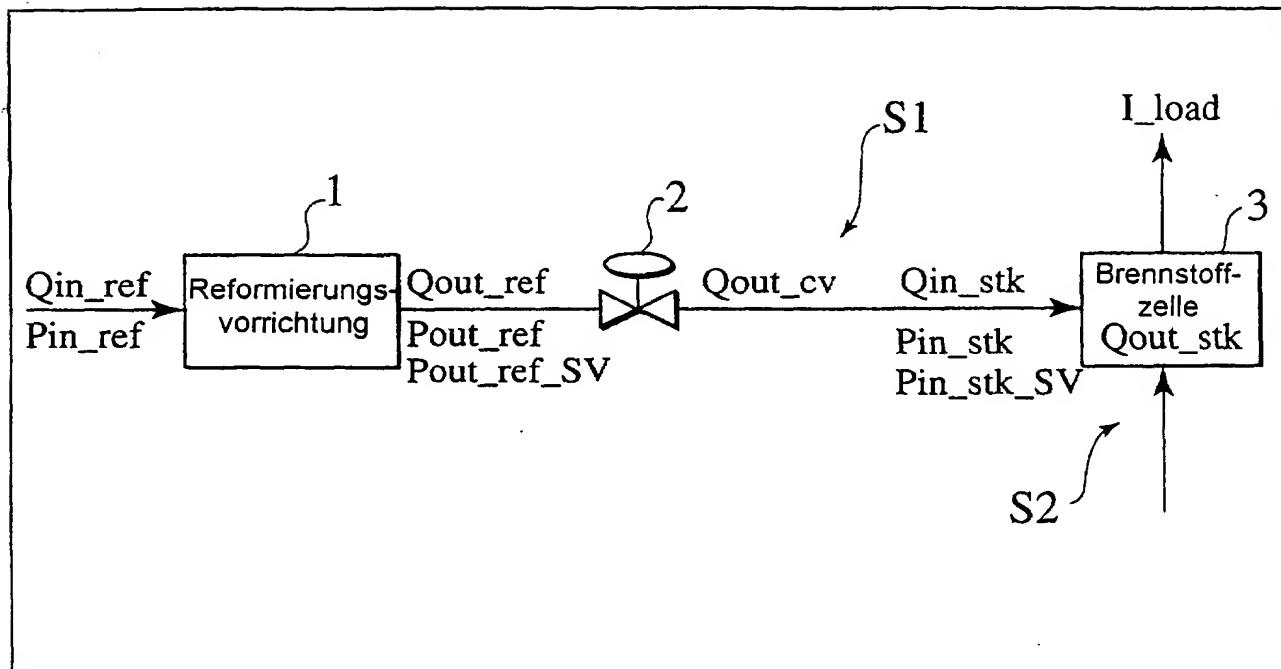


FIG.2

